

*Described principles of complex analysis of graph of diurnal water consumption will promote detection hidden common features in the water consumption. This will allow to perform construction the family of typical graphs water consumption.*

**Keywords:** diurnal water consumption graph, indicators of irregularity, morfoparametrics.

1. Yeksaiev A.R. Long-term planning of power expense based on forecast water consumption of the city / Zhytlovo-Komunalne Khospodarstvo, 2005.
2. Romanenko S.S. Innovative approaches in the tasks of increasing the efficiency of hydrotransport complexes / Problemy energoresursozberezhennia v elektrotehnichnyh systemakh. Nauka, osvita i practyca, 2011, no 1/2011 (1), pp. 108-109.
3. Shushkevich Ye. V. Effective management of water delivery and water distribution system Moscow megacity / Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika, 2011, no 1, pp. 24-30.
4. Romanchuk S.M. Monitoring and data analysis in the process of Donetsk water supply management / Systemnyi analiz u naukakh pro pryrodu ta suspilstvo, 2011, Vypusk 1, pp. 133-143.
5. Romanchuk S.M. Control algorithms of urban water supply mode / Visnyk Donetskooho natsionalnoho universytetu. Ser. A: Pryrodnychi nauky, 2014, no. 1. pp. 103-110.
6. Karambirov S.N. Multi-regime optimization of water delivery and water distribution systems / Problemy nauchnogo obespecheniya razvitiya ekologo-ekonomicheskogo potentsiala Rosii. – Mosckow, 2004, pp. 70-73.
7. Komenda T.I. (2012) Morphometric methods and models evaluating and decreasing irregularity loads of power supply systems: monograph, Lutckiy NTU, Lutck, Ukraina.

УДК 504.064.36:658.26

РОЗЕН В.П.<sup>1</sup>, докт.техн.наук, проф., ДАВЫДЕНКО Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

<sup>2</sup>Луцкий национальный технический университет

### ФОРМИРОВАНИЕ МНОЖЕСТВА ХАРАКТЕРИСТИК ФАКТИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ КОММУНАЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*Обсуждаются вопросы анализа фактического режима водопотребления в системах коммунального водоснабжения как начального этапа планирования энергоэффективного режима водоподачи. Целью исследования является формирование принципов комплексного анализа суточного водопотребления и учета влияния сезонных и климатических факторов. Для описания графика суточного водопотребления сформировано множество характеристик, которое содержит классические и морфометрические показатели. Для выявления влияния климатических факторов предложено учитывать параметры, характеризующие погодные условия. Для выявления сезонных особенностей исследование суточных графиков водопотребления предложено осуществлять с учетом времени года и периодов суточного цикла. Описанные принципы комплексного анализа графика суточного водопотребления на основе базы данных суточного водопотребления, предварительно созданной в рамках системы мониторинга режимов водоснабжения, способствуют выявлению скрытых общих особенностей в водопотреблении.*

**Ключевые слова:** суточный график водопотребления, показатели неравномерности, морфопараметры.

Надійшла 01.06.2015

Received 01.06.2015

УДК 621.1.016.7(075.8) К—64 536.7(075.8)

КОНСТАНТИНОВ С. М. канд. техн. наук, професор

Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут»

### МЕХАНІЗМ ОТРИМАННЯ РОБОТИ В ТЕРМОДИНАМІЧНІЙ СИСТЕМІ

*Однією з важливих задач технічної термодинаміки є визначення характеру перетворення енергії всередині робочого тіла під час виконання ним роботи. Це важко зробити, коли невідома структура енергії робочого тіла, немає чітко визначеного фізичного змісту ентропії, невідомо джерело ентропії і його потужність. Щоб дати відповіді на ці і низку інших запитань, необхідно знайти структуру енергії робочого тіла, провести аналіз змін, які мають місце у цій структурі за різних умов проходження термодинамічних процесів.*

**Ключові слова:** робоче тіло, вільна енергія, перетворення, зв'язана енергія та робота.

Механізмом отримання роботи називається сукупність перетворень складових енергії робочого тіла під час виконання ним роботи. Для виявлення механізму отримання роботи необхідно побудувати структуру енергії робочого тіла. Для цього необхідно представити таку діаграму, на якій би були нанесені всі термодинамічні параметри стану робочого тіла, а не тільки два, як це має місце на діаграмах  $p-v$  і  $T-s$  [1],[2],[3],[4].

Така діаграма має дати можливість одночасного проведення аналізу змін всіх складових енергії робочого тіла під час виконання ним роботи.

Розглядається ідеальний газ.

Запишемо параметри стану робочого тіла у такому вигляді:

$T$  – абсолютна температура, К;

$p$  – абсолютний тиск, Н/м<sup>2</sup>;

$v$  – питомий об'єм, м<sup>3</sup>/кг;

$u = Tc_v$  – питома внутрішня енергія, Дж/кг;

$h = Tc_p$  – питома ентальпія, Дж/кг;

$s$  – питома ентропія, Дж/(кг · К);

Також  $c_v = \frac{u}{T}$ , Дж/(кг · К) і  $c_p = \frac{h}{T}$  Дж/(кг · К) теж мають властивості параметрів стану і яляють

собою потік енергії хаотичного руху. Ентропія  $s$ , згідно з її розмірністю Дж/(кг · К), теж являє собою потік енергії, але невідомо якої.

Теплоємність  $c_v$  – це внутрішня енергія, яка припадає на 1К температури робочого тіла.  $c_p$  – це ентальпія, яка припадає на 1К температури робочого тіла. Використовуючи абсолютну температуру  $T$ , як незалежну змінну і питомий потік енергії « $e$ », як функцію, можна побудувати діаграму, на якій будуть представлені всі складові енергії робочого тіла (рис. 1), [5].

У прямокутній системі координат по осі ординат відкладаємо абсолютну температуру  $T$ , К, а по осі абсцис питомі потоки енергії  $c_p, c_v, s$ , Дж/(кг · К), відповідні точки 4; 5; 6 на діаграмі.

З точки «а» (рис. 1) проводимо ізотерму  $T = const$ . З точок 4; 5; 6 проводимо перпендикуляри до перетину їх з ізотермою  $T = const$ : точки 1, 2; 3.

На діаграмі Константінова представлена структура енергії робочого тіла, що знаходиться в термодинамічному стані, який характеризується точкою 1 (рис. 1).

На діаграмі отримуємо декілька площ, які еквівалентні відповідним питомим складовим енергії робочого тіла: *пл. (0-а-2-5)* =  $T_1 \cdot c_v = u_1$  – внутрішня енергія, *пл. (0-а-3-4)* =  $T_1 \cdot c_p = h_1$  – ентальпія, *пл. (2-3-9-8)* =  $T_1 \cdot R = pv$  – потенційна енергія тиску, так як відрізок 4-5 =  $c_p - c_v = R$ . Згідно з рівнянням стану ідеального газу  $pv = RT$ .

З діаграми видно, що внутрішня енергія « $u$ » складається з двох частин:

*пл. (6-1-2-5)*, яка називається вільною енергією, офіційна назва енергія Гельмгольца, позначається літерою  $f$  для маси 1 кг робочого тіла, від англійського слова *free* – вільний, літерою  $F$  для маси  $m$  кг і вимірюються відповідно в Дж/кг і Дж. Друга площа *(0-а-1-6)*, яка дорівнює  $TS = B$ , називається зв'язаною енергією (англ. – *bound*), питома для 1кг і  $TS = B$ , для маси  $m$  кг, вимірюються відповідно в Дж/кг і в Дж.

Таким чином внутрішня енергія записується у вигляді:

$$u = f + Ts = f + b, \text{ Дж/кг}, \quad (1)$$

$$U = F + TS = F + B, \text{ Дж}. \quad (2)$$

Ентальпія складається з трьох частин, як видно на діаграмі рис. 1.

$$h = f + Ts + pv = u + pv. \quad (3)$$

*Площа (6-1-2-5) + пл. (5-2-3-4) = пл. (6-1-3-4) = g* називається вільною ентальпією або енергією Гіббса.

Тоді

$$h = g + Ts \quad (4)$$

або

$$H = G + TS. \quad (5)$$

У 1875 році Гельмгольц (1821-1894) записав геніальну гіпотезу, що внутрішня енергія неоднорідна, складається з двох частин: вільної енергії  $F$  і зв'язаної енергії  $TS$  [6],[7], тобто

$$U = F + TS.$$

Гельмгольц не дав визначення фізично змісту цих величин.

Гіббс (1839-1903), мотивуючи тим, що в термодинамічних розрахунках часто зустрічається сума  $u + pv$ , позначив її літерою  $h$  і назвав «ентальпія». Пізніше (1878 рік) Гіббс [8],[9] ввів поняття «вільна ентальпія» і тоді

$$H = G + TS,$$

але також не визначив фізичний зміст вільної ентальпії..

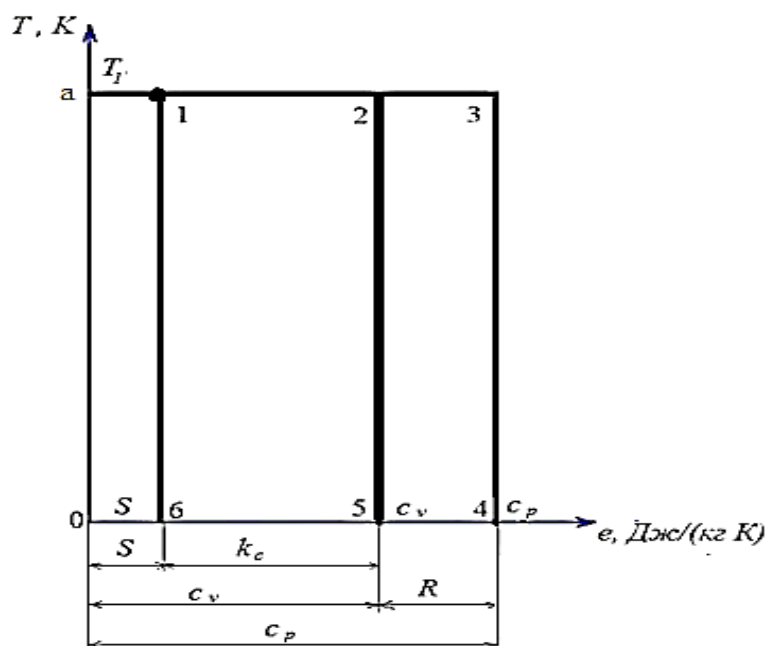


Рисунок 1 - Діаграма Константінова

На діаграмі (рис. 1) всі ці положення об'єднані і графічно доведений взаємозв'язок між цими величинами, які являють собою складові частини енергії робочого тіла. Тобто, представлені не як гіпотези, а як фактичні положення, які можливо визначити конкретними числовими значеннями.

Звідси впливає перший закон термодинаміки, як закон збереження енергії стосовно до термодинамічної системи. Простішою термодинамічною системою є робоче тіло. Тоді перший закон термодинаміки формулюється таким чином:

Енергія ізольованої термодинамічної системи залишається незмінною незалежно від того, які термодинамічні процеси в ній проходять.

Математично перший закон термодинаміки записується таким чином:

$$H=U+pV=F+Ts+pV=const,$$

або в диференціальному вигляді

$$dH=dU+d(pV)=dF+d(Ts)+d(pV)=0.$$

Подальший аналіз діаграми Константінова дав можливість визначити фізичний зміст всіх складових енергії робочого тіла для будь-якого його термодинамічного стану.

Крім того, на діаграмі видно нову величину у вигляді відрізка (6-5), яку автор позначив  $k_c$  і назвав «коефіцієнт глибини термодинамічного процесу».

$$k_c=c_v-s=\frac{f}{T}, Дж/(кг \cdot K). \quad (6)$$

З рис.1 впливає фізичний зміст  $k_c$ :

це питома вільна енергія, яка віднесена до 1 К температури робочого тіла.

Далі буде показано, що під час завершення термодинамічного процесу  $k_c=0$ .

Структуру енергії робочого тіла, яка зображена графічно на рис. 1, можна записати з допомогою фізичних символів. Таку структуру автор назвав «енергетична модель робочого тіла». Для ізольованої системи така модель представлена на (рис.2).

На рис. 3 представлена розгорнута енергетична модель робочого тіла у загальному вигляді для неізольованої термодинамічної системи. Стрілки на рис.3 вказують на можливий напрям переміщення енергій під час підведення теплоти і не є еквівалентними символу дорівнює. Під час аналізу механізму виконання роботи в конкретних умовах ця модель приймає вигляд у відповідності до цих умов. Енергія робочого тіла, як живий організм, реагує на умови, в яких воно «працює»: постійний об'єм, постійний тиск та інше. Під час зміни будь-якої складової енергії у цій моделі, змінюються всі інші.

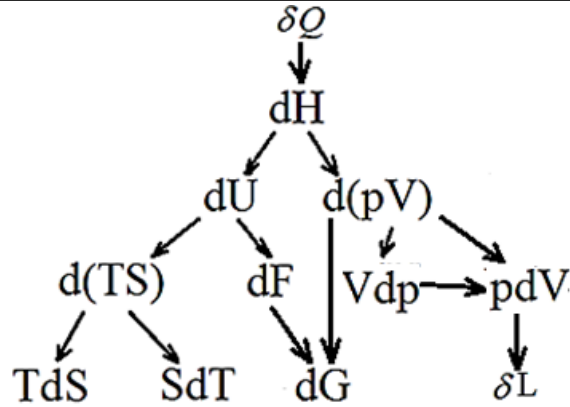
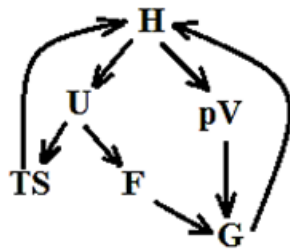


Рисунок 2. Енергетична модель робочого тіла Рисунок 3. Розгорнута енергетична модель робочого тіла

З діаграми Константінова випливають відповіді і на інші важливі питання. У чому полягає фізичний зміст ентропії? Що є джерелом ентропії? І низка інших. Фізичний зміст ентропії полягає у наступному: ентропія – це питома зв’язана енергія, яка віднесена до 1К температури робочого тіла і яка під впливом теплоти не перетворюється в роботу.

Джерелом зв’язаної енергії, а тим самим і ентропії, є вільна енергія, яка під впливом теплоти перетворюється у зв’язану енергію і під час цього робоче тіло виконує роботу.

Згідно з другим законом термодинаміки система, яка виконує роботу, має складатись з трьох тіл: гарячого джерела теплоти  $T_1$ , робочого тіла, яке виконує роботу, і холодного джерела теплоти  $T_2$ ,  $T_1 > T_2$ . Схема такої системи зображена на рис.4.

Точка 1 на діаграмі характеризує початковий стан робочого тіла (ідеальний газ). Від гарячого джерела до робочого тіла підводиться теплота  $q'_1$ , проходить ізотермічний процес 1-2'. Внутрішня енергія і ентальпія залишаються постійними, площі 0-а-2-5 і 0-а-3-4. Під час проходження ізотермічного процесу 1-2', робоче тіло виконує роботу  $l'$ , яка дорівнює,  $\int_1^{2'} pdv$ , хоча для ізотермічного процесу  $pv = \text{const}$  і  $d(pv) = 0$ .

Що ж змінюється? У чому ж полягає механізм отримання роботи?

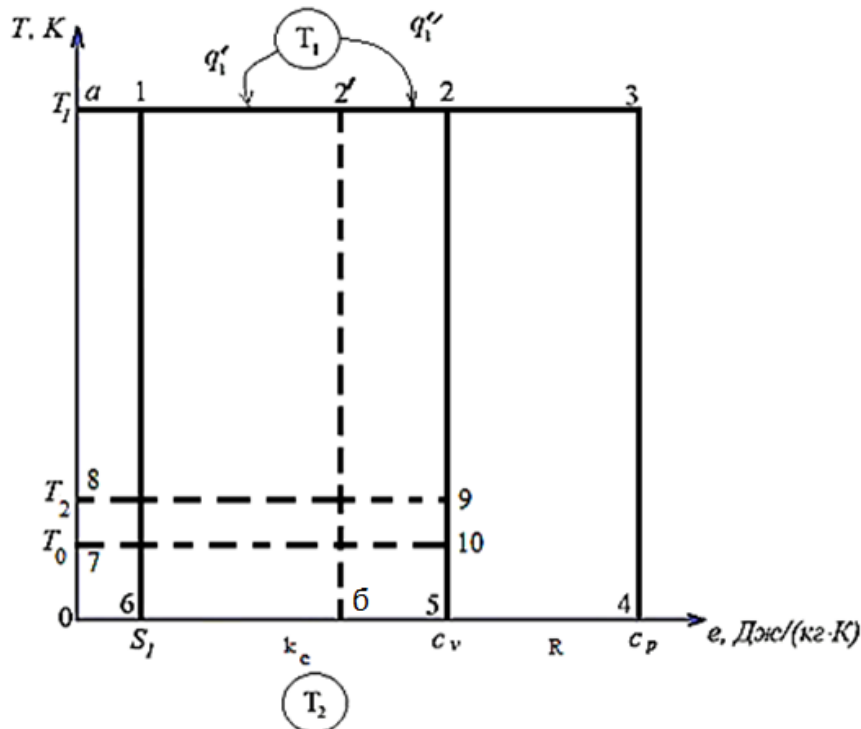


Рисунок 4 - Механізм отримання роботи в діаграмі Константінова.

З діаграми (рис. 4) видно, що змінюється структура внутрішньої енергії: зменшується вільна енергія з еквіваленту площі 1-2-5-6 до площі 2'-2-5-б, тобто на величину площі 1-2'-б-6. На цю величину зростає зв'язана енергія до площі 0-а-2'-б. Відповідно зростає ентропія на величину еквівалентну відрізьку б-б за рахунок зменшення на цю величину коефіцієнта повноти протікання термодинамічного процесу  $k_c$ .

Звідси випливає, що спорідненими величинами є: вільна енергія  $f$  – зв'язана енергія  $T_s$ ; ентропія  $s$  – коефіцієнт  $k_c$ .

Спорідненими називаються величини, зміна яких проходить у різних напрямках: збільшується одна – зменшується друга і навпаки.

Кількість підведеної теплоти відповідає кількості зменшення вільної енергії:

$$q' = -\Delta f = \Delta T_s. \quad (7)$$

Розглянемо як змінюється потенційна енергія тиску робочого тіла

$$d(pV) = pdV + Vdp = 0,$$

тоді

$$pdV = -Vdp. \quad (8)$$

Тобто

$$l = l_n. \quad (9)$$

Таким чином, на цьому етапі енергія робочого тіла  $u$  і  $h$  залишаються кількісно незмінними, а робота виконується за рахунок зміни якості енергії робочого тіла. Тому помилково склалась впевненість, що теплота виконує роботу.

З рис. 4 видно, що теплота не діє безпосередньо на ентропію.

Вираз Клаузіуса:

$$ds = \frac{\delta Q}{T},$$

записаний Клаузіусом інтуїтивно, є тільки кількісним виразом. Тому 150 років не можуть сформулювати фізичний зміст ентропії.

Під якістю енергії розуміють роботу, яка може бути виконана робочим тілом під час підведення до нього теплоти.

Розглянемо стан робочого тіла в точці 2'. У цьому стані робоче тіло має внутрішню енергію, еквівалентну площі 0-а-2-5,  $u'_2$ , яка складається з двох частин: вільної енергії – площа 2'-2-5-б ( $f'_2$ ) і зв'язаної енергії – площа 0-а-2'-б ( $T_s'_2$ ).

$$u'_2 = f'_2 + T_s'_2. \quad (10)$$

Ентальпія робочого тіла складається з трьох частин:  $f'_2, T_s'_2$  і потенційної енергії тиску – площа 2-3-4-5, яка кількісно залишилась незмінною, порівняно з станом 1, а якісно змінилась, так як частина наявної роботи –  $vdp$  перейшла в зовнішню роботу  $pdv$ .

На жаль, на діаграмі (рис. 4) графічно не відображається якісна зміна потенційної енергії тиску.

Розглянемо стан робочого тіла в точці 2 (Рис. 4).

Діаграма Константінова дозволяє визначити всі структурні складові енергії робочого тіла в будь-якому стані, а також напрям і характер термодинамічного процесу, який може виконувати робоче тіло з даного стану.

Зокрема, у випадку, що розглядається, стан 2', рис.4., діє принцип мінімуму термодинамічного потенціалу, для даного випадку, вільної енергії, згідно з яким термодинамічний процес під час постійної температури і підведення теплоти має проходити в бік зменшення вільної енергії. Завершується цей процес під час досягнення мінімального значення вільної енергії  $f_{min}=0$ .

Таким чином, з стану 2' робоче тіло, під час підведення теплоти  $q_1''$ , продовжує виконувати ізотермічний процес 2'-2. У стані 2 вся вільна енергія перейшла в зв'язану,  $f_2=0$ , і ізотермічний процес завершується.

У ізотермічному процесі 1-2 внутрішня енергія робочого тіла кількісно залишалась постійною,  $\Delta U = 0$ . Робота у цьому процесі виконувалась за рахунок зміни якості внутрішньої енергії. Це перший етап механізму виконання роботи робочим тілом. У стані 2 завершується підведення теплоти до робочого тіла. Із стану 2 робоче тіло може продовжувати процес виконання роботи, але в якому напрямку? Принцип залишається той же – у бік зменшення значення відповідного термодинамічного потенціалу. Так як вільна енергія  $f_2=0$ , то наступним потенціалом розглядається внутрішня енергія « $u$ », мінімальним значенням якого є  $u_{min}=u_0$ , де  $u_0$  – внутрішня енергія робочого тіла під час температури навколишнього середовища. Це положення збігається з другим законом термодинаміки, який говорить що у мимовільному процесі робоче тіло не може бути охолоджено нижче температури самого холодного тіла у навколишньому просторі.

Таким чином, приходимо до висновку, що робоче тіло з стану 2 виконує процес без теплообміну з навколишнім середовищем, тобто адіабатний процес. Цей факт ще раз підтверджує положення, що не теплота виконує роботу, а робоче тіло, тобто речовина згідно парадигми.

Механізм отримання роботи в енергетичній установці можна представити з використанням фізичних символів у вигляді:

$$\delta Q = -dF = TdS + SdT = pdV + Vdp = \delta L \quad (11)$$

Із рівняння (11) видно, що теплота не впливає безпосередньо на зв'язану енергію, і тому між ними нема фізичного зв'язку, а є тільки кількісний. Рівняння (11) для різних основних термодинамічних процесів має різний вигляд, тобто, механізм отримання роботи в різних процесах підведення теплоти різний. Так, для ізотермічного процесу ( $T = const$ ) ми бачимо, що  $dT = 0$  і  $d(pV) = pdV + Vdp = 0$ . Таким чином,  $-Vdp = pdV$ .

З урахуванням зазначеного вище:

$$\delta Q = -dF = TdS = -Vdp = pdV = \delta L \quad (12)$$

Для ізобарного процесу ( $p = const$ ):

$$\delta Q = -dF = TdS + SdT = pdV = \delta L \quad (13)$$

Для ізохорного процесу ( $V = const$ ):

$$\delta Q = -dF = TdS + SdT = d(pV) = Vdp = -\delta L \quad (14)$$

Для адіабатного процесу ( $S = const$ ):

$$-dU = SdT = -Vdp = kpdV = \delta L \quad (15)$$

#### Висновки.

Механізм отримання роботи в енергетичній установці полягає в тому, що робота виконується робочим тілом у два етапи під час переходу робочого тіла з стану 1 у стан 10 (рис.4). У першому етапі, в ізотермічному процесі, під час підведення теплоти, робота виконується за рахунок зміни якості внутрішньої енергії робочого тіла шляхом переходу вільної енергії у зв'язану енергію, у другому етапі – в адіабатному процесі, за рахунок зменшення кількості внутрішньої енергії. Якщо кінцевим станом робочого тіла є стан рівноваги з навколишнім середовищем і теплота підводиться в ізотермічному процесі, то в такому комплексному процесі робоче тіло виконує максимальну роботу, тобто виділяється ексергія.

#### Список літератури.

1. Константинов С.М. Технічна термодинаміка: Підручник. / С.М. Константинов, – К.: «Політехніка» при НТУУ «КПІ», 2001. – 368с.
2. Константинов С.М. Збірник задач з технічної термодинаміки та теплообміну: Навч. Посіб./ С.М. Константинов, Р.В. Луцик. – К. : «Освіта України», 2009. – 543с.
3. Константинов С.М. Теоретичні основи теплотехніки : Підручник./ С.М. Константинов, Є.М. Панов. – К.: «Золоті Ворота», 2012. – 592 с.
4. Константинов С.М. Процессы и параметры идеальных и реальных газов./ С.М. Константинов. – К.: КТИЛП, 1983. – 110 с.
5. Константинов С. М. Система координат Константинова для побудови термодинамічних діаграм процесів перетворення енергії.\. С.М. Константинов .Свідотство про реєстрацію авторського права на твір, №58775, 20. 02. 2015р.Держслужба інтелектуальної власності України.
6. Хромов Ю.А. Физики.\ Ю.А. Хромов . Биографический справочник. –М.: Наука, 1983. 400 с.
7. Ландау Л.Д. Статистическая физика. Часть 1./Л.Д. Ландау, Е.М.,Лифшиц. -Издание 3-е дополненное.–М.: Наука,1976– 584с.–( Теоретическая физика, том V).
8. Гиббс Дж.В. Термодинамические работы./Дж.В. Гиббс. Перевод с англ. Под ред. Семенченко. – М.- Л.: Гостехиздат, 1950.
9. Гиббс Дж.В. Термодинамика. Статистическая механика. / Дж.В. Гиббс. – М.: Наука, 1982. – 584с.

S.M. KONSTANTINOV

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»  
OBTAINS WORK A THERMODYNAMIC SYSTEM

*One of the important tasks of technical thermodynamics is to determine the nature of energy conversion within the working during the performance of work. It's hard to do when the unknown structure of energy working body, there is clearly defined physical meaning of entropy, unknown source of entropy and it's power. To provide answers to these and a number of other questions need to find the structure of energy working body, to analyze the changes that take place in this structure under different conditions of thermodynamic processes.*

**Key words:** working, body, free energy, conversion, bound energy, work.

#### References

1. Konstantinov S.M. Tekhnichna termodynamika: Pidruchnyk. / S.M. Konstantinov, –K.: «Politekhnik» pry NTUU «KPI», 2001.– 368s.
2. Konstantinov S.M. Zbirnyk zadach z tekhnichnoyi termodynamiky ta teploobminu: Navch. Posib./ C.M. Konstantinov, R.V. Lutsyk.– K. : «Osvita Ukrainy», 2009.– 543s.
3. Konstantinov S.M. Teoretychni osnovy teplotekhniki : Pidruchnyk./ C.M. Konstantinov, Ye.M. Panov. – K.: «Zoloti Vorota »,2012.–592 s.
4. Konstantynov S.M. Protsessy u parametry uideal'nykh y real'nykh hazov./ C.M. Konstantynov.– K.: KTYLP, 1983.– 110 s.
5. Konstantinov S. M. Systema koordynat Konstantinova dlya pobudovy termodynamichnykh diaqram protsesiv peretvorenniya enerhiyi.\. S.M. Konstantinov .Svidottstvo pro reyestratsiyu avtors'koho prava na tvir, #58775, 20. 02. 2015r.Dersluzhba intelektual'noyi vlasnosti Ukrainy.
6. Khromov Yu.A. Fyzyky.\ Yu.A. Khromov . Byohrafycheskyuy spravochnyk. –M.: Nauka, 1983. 400 s.
7. Landau L.D. Statystycheskaya fizyka. Chast' 1./L.D. Landau, E.M., Lyfshyts. –Yzdanye 3-e dopolnennoe.–M.: Nauka,1976– 584s.–( Teoretycheskaya fizyka, tom V).
8. Hybbs Dzh.V. Termodynamicheskiye raboty./Dzh.V. Hybbs. Perevod s anhl. Pod red. Semenchenko. – M.-L.: Hostekhyzdat, 1950.
9. Hybbs Dzh.V. Termodynamyka. Statystycheskaya mekhanyka. / Dzh.V. Hybbs. – M.: Nauka, 1982. – 584s.

**КОНСТАНТИНОВ С. М.** канд. техн. наук, профессор

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»**

#### **МЕХАНИЗМ ПОЛУЧЕНИЯ РАБОТЫ В ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ**

*Одной из важных задач технической термодинамики является определение характера преобразования энергии внутри рабочего тела во время выполнения им работы. Это трудно сделать, когда неизвестна структура энергии рабочего тела, нет четко определенного физического смысла энтропии, неизвестно источник энтропии и его мощность. Чтобы ответить на эти и ряд других вопросов, необходимо найти структуру энергии рабочего тела, провести анализ изменений, которые имеют место в этой структуре в различных условиях прохождения термодинамических процессов.*

**Ключевые слова:** рабочее тело, свободная энергия, преобразования, связанная энергия и работа.

УДК 504.064.36:658.26

**ДАВИДЕНКО Л.В.**, канд.техн.наук, доцент,  
Луцкий национальный технический университет

#### **ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВА ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА**

*Обговорюються питання організації моніторингу енергоефективності як елемента системи управління ефективністю енерговикористання. Метою дослідження є формування принципів удосконалення процесу моніторингу енергоефективності підприємства водопровідно-каналізаційного господарства. Розроблено алгоритм моніторингу енергоефективності, який забезпечує інтеграцію його функцій, процедур порівняльного аналізу та сучасних тенденцій побудови систем контролю та планування енергоспоживання. Описано принципи реалізації функцій моніторингу енергоефективності та їх складових з урахуванням завдань системи моніторингу, а також специфіки організації режиму ефективного енерговикористання в системі водопостачання-водовідведення. Сформульовані принципи побудови системи моніторингу енергоефективності охоплюють процедури, які дозволяють враховувати досягнення об'єкта дослідження і кращі практики в сфері енергоефективності, що сприяє прийняттю результативних управлінських рішень спрямованих на підвищення енергоефективності підприємства.*

**Ключові слова:** ефективне енерговикористання, система моніторингу енергоефективності.